



УДК 62-83:621.313.333(316.71)

### 6.3. ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

### RESEARCH THE METHODS OF CONSTRUCTION POSITIONAL AC DRIVE

**Алеко Михаил Николаевич**, магистрант 2-го курса каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Новосибирского государственного технического университета, Россия, 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20. E-mail: amn92@mail.ru. Тел.: +79133832066.

**Карачев Вадим Сергеевич**, магистрант 2-го курса каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Новосибирского государственного технического университета, Россия, 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20. E-mail: kara-vadim@yandex.ru. Тел.: +79618475767.

**Котин Денис Алексеевич**, канд. техн. наук, доцент каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Новосибирского государственного технического университета, Россия, 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20. E-mail: ni\_kotin@mail.ru. Тел.: +79232314734.

**Mihail N. Aleko**, Master's student, Novosibirsk state technical university, 630092, C. Marx Prospect, 20, Novosibirsk, Russia. E-mail: amn92@mail.ru. Ph.: +79133832066.

**Vadim S. Karachev**, Master's student, Novosibirsk state technical university, 630092, C. Marx Prospect, 20, Novosibirsk, Russia. E-mail: kara-vadim@yandex.ru. Ph.: +79618475767.

**Denis A. Kotin**, Cand. Sc., Novosibirsk state technical university, 630092, C. Marx Prospect, 20, Novosibirsk, Russia. E-mail: ni\_kotin@mail.ru. Ph.: +79232314734.

**Аннотация:** В докладе рассматриваются вопросы построения позиционных электроприводов переменного тока. Обсуждаются различные варианты построения структуры системы управления и синтеза регуляторов. Приведены результаты теоретических исследований системы позиционирования с частотно-регулируемым асинхронным электроприводом.

**Abstract:** The report below concentrates on the construction of positional AC drives. There discussed the various methods of construction the structure of control system and the synthesis of controllers. There presented the results of theoretical researches positional system with frequency-controlled induction motor drive.

**Ключевые слова:** позиционный электропривод; параболический регулятор положения; векторное управление; прямое управление моментом.

**Key words:** positional electric drive; parabolic position regulator; field-oriented control; direct torque control.

#### ВВЕДЕНИЕ

Повышение качества технологического оборудования производственных отраслей и, как следствие, выпускаемой продукции невозможно без массового применения автоматизированных систем на основе регулируемых позиционных приводов. В настоящее время такие электроприводы широко применяются в металлообрабатывающих станках и робототехнических устройствах.

Однако позиционные системы, построенные с помощью традиционного векторного подхода, не способны обеспечить предельное быстродействие,

зачастую требующееся для улучшения технологических процессов.

Цель проводимого исследования является разработка импортозамещающих позиционных приводов, обеспечивающих лучшие показатели качества переходных процессов по сравнению с традиционными системами.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Позиционной системой (ПС) называется замкнутая по положению СУЭП, предназначенная для перевода исходно неподвижного исполнительного органа (ИО) рабочего механизма

из некоторого начального положения в заданное конечное с остановкой в конце перемещения.

Традиционно ПС строится на основе трехконтурной СПР с внешним контуром регулирования положения и внутренними контурами регулирования скорости и тока.

На рис. 1. представлена обобщенная структурная схема системы управления положением исполнительного органа. На рис. 1. использованы следующие обозначения:  $U_{3\Theta}$  – задающее воздействие по положению механизма ИО, СУП – система управления электроприводом, Д – двигатель,  $j = \omega/\omega_{н0}$  – передаточное число механического преобразовательного устройства (редуктора),  $\omega_{н0}$ ,  $\Theta_{н0}$  – круговая скорость и угловое положение исполнительного органа.

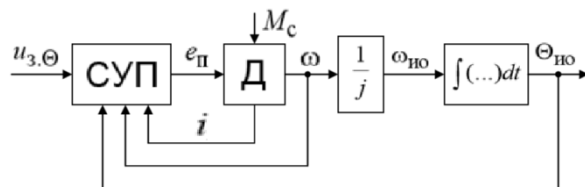


Рис. 1. Обобщенная структурная схема позиционной системы

#### СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ПОЛОЖЕНИЯ

Для оптимизации процессов перемещения по критерию предельного быстродействия использую так называемый «параболический» регулятор положения, обеспечивающий системе необходимое быстродействие, точность и отсутствие таких нежелательных показателей качества как перерегулирование. Характеристика такого регулятора представлена на рис. 2.

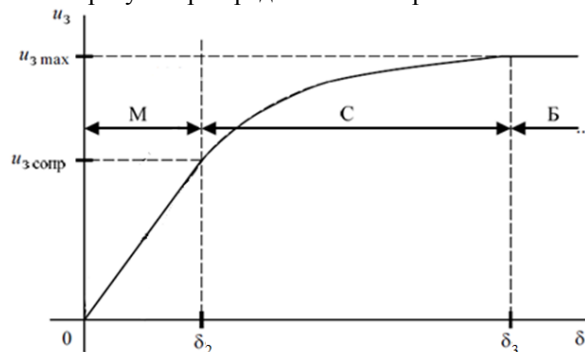


Рис. 2. Характеристика регулятора положения

#### ПОСТРОЕНИЕ ПОЗИЦИОННОГО ЭП НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ

В настоящее время традиционным для построения структуры системы регулирования скорости, входящей в состав ПС, является векторный подход.

Система ВУ представляет собой двухканальную четырехконтурную СПР с внешними контурами регулирования скорости и потокосцепления и внутренними контурами регулирования токов по двум проекциям. Структурная схема такой системы представлена на рис. 3.

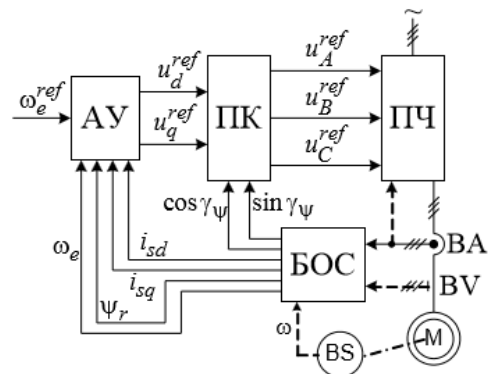


Рис. 3. Структура векторного управления

На рис. 3. Используются следующие обозначения: АУ – алгоритм управления, ПК – преобразователь координат, ПЧ – преобразователь частоты, БОС – блок обратных связей, ВА, ВУ, БС – датчики токов, напряжений и скорости двигателя.

Дополнив структурную схему регулятором положения и обратной связью по угловому положению, получим модель позиционной системы. Результатом моделирования являются переходные процессы по четырем координатам при перемещении ИО на расстояние, равное 600 градусам перемещения вала двигателя. Полученные переходные процессы представлены на рис. 4,5.

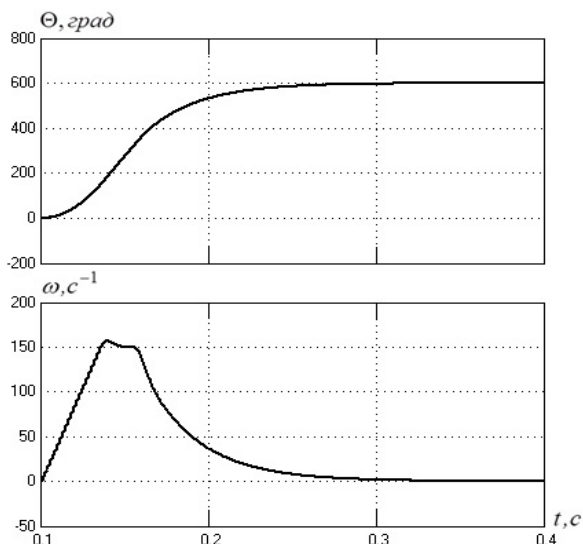


Рис. 4. Переходные процессы ПС при использовании принципов ВУ

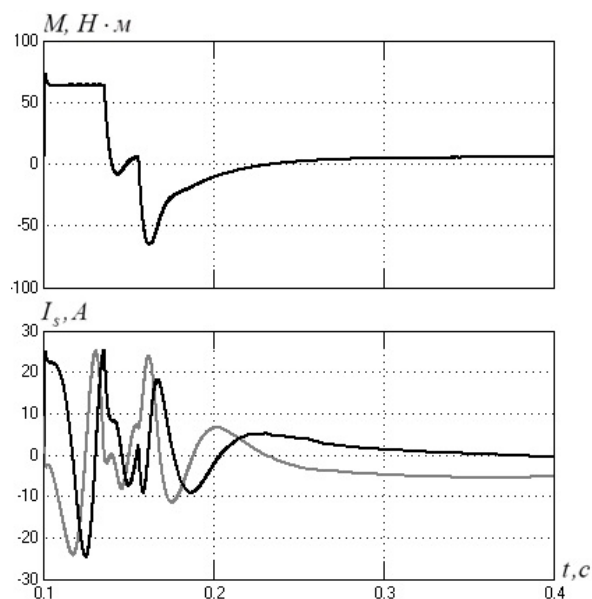


Рис. 5. Переходные процессы ПС при использовании принципов ВУ

#### ПОСТРОЕНИЕ ПОЗИЦИОННОГО ЭП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ПРЯМОГО УПРАВЛЕНИЯ МОМЕНТОМ

Прямое управление моментом является развитием векторного подхода к построению систем управления ЭП переменного тока и предполагает разрывной характер управления.

В данном случае вектор выходного напряжения автономного инвертора напряжения (АИН) имеет шесть возможных фиксированных положений, находящихся в шести разных секторах. Вектор потокосцепления находится в одном из секторов. Принцип прямого управления моментом состоит в определении текущего сектора расположения вектора потокосцепления и переключении вектора напряжений на нужный тогда, когда момент двигателя или потокосцепление превышают заданные значения на величину, большую принятой допустимой ошибки. Расположение этих векторов в неподвижных осях координат представлено на рис. 6.

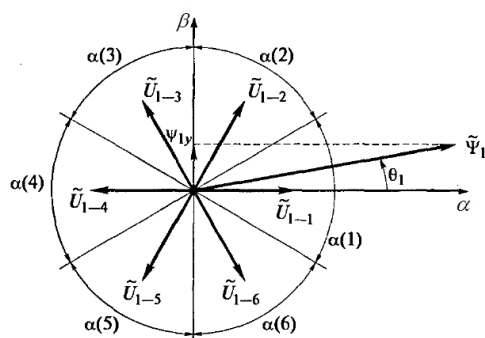


Рис. 6. Расположение возможных положений вектора выходного напряжения инвертора

Логический алгоритм управления можно реализовать по структурной схеме, представленной на рис. 7.

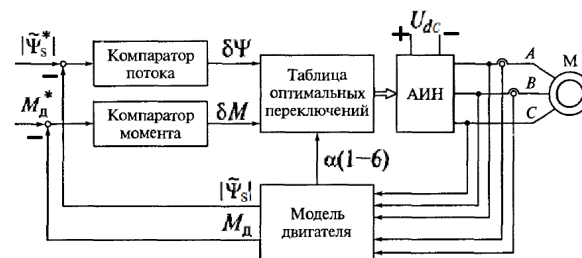


Рис. 7. Структура прямого управления моментом

Дополнив структурную схему регулятором положения и обратной связью по угловому положению, получим модель позиционной системы. Результатом моделирования, как и в предыдущем случае, являются переходные процессы по четырем координатам при перемещении ИО на расстояние, равное 600 градусам перемещения вала двигателя. Полученные переходные процессы представлены на рис. 8.

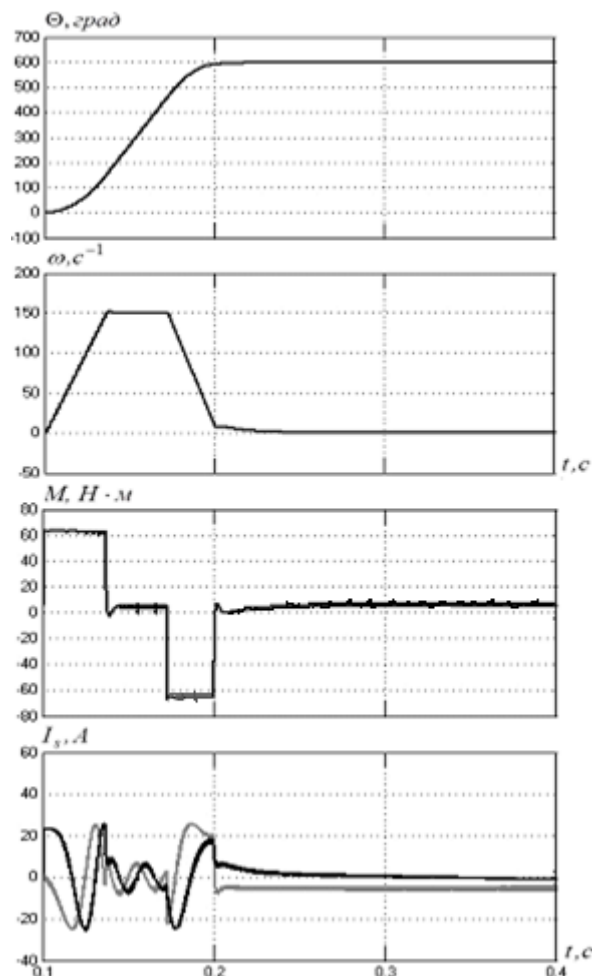


Рис. 8. Переходные процессы ПС при использовании ПУМ

Сравнивая эти результаты с результатами, полученными в предыдущем разделе, необходимо отметить повышение быстродействия системы, как по скорости, так и по моменту, что является несомненным преимуществом ПС с использованием ПУМ.

#### ПОСТРОЕНИЕ ПОЗИЦИОННОГО ЭП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ

Несмотря на явные преимущества ПС с системой ПУМ в динамических режимах работы, она имеет один существенный недостаток – высокий уровень пульсаций токов и момента.

Для его устранения возможно использование ПУМ с пофазной ШИМ в качестве способа управления АИН, однако быстродействие такой системы мало отличается от системы ВУ.

Для обеспечения хороших показателей ЭП и в динамике и в статике компромиссным решением является использование в динамических режимах табличного способа для управления инвертором, а в статических режимах – ШИМ. Это осуществляется с помощью переключающего устройства, представленного на рис. 9.

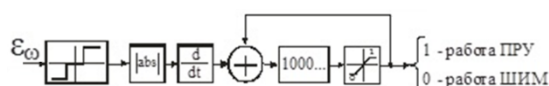


Рис. 9. Логическое переключающее устройство

Результатом моделирования, как и в предыдущих случаях, являются переходные процессы по четырем координатам при перемещении ИО на расстояние, равное 600 градусам перемещения вала двигателя. Полученные переходные процессы представлены на рис. 10, 11.

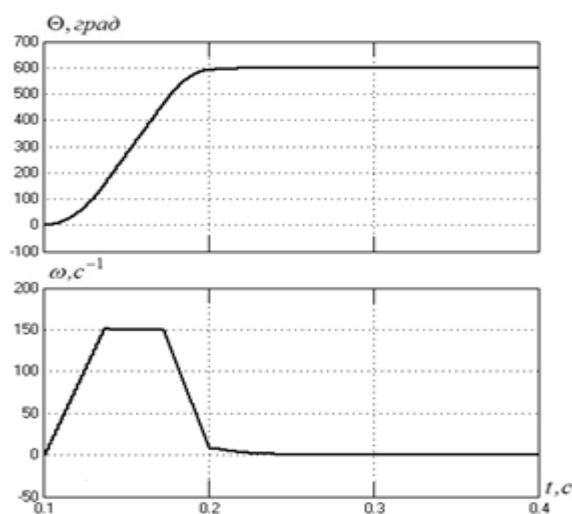


Рис. 10. Переходные процессы ПС при использовании комбинированного алгоритма

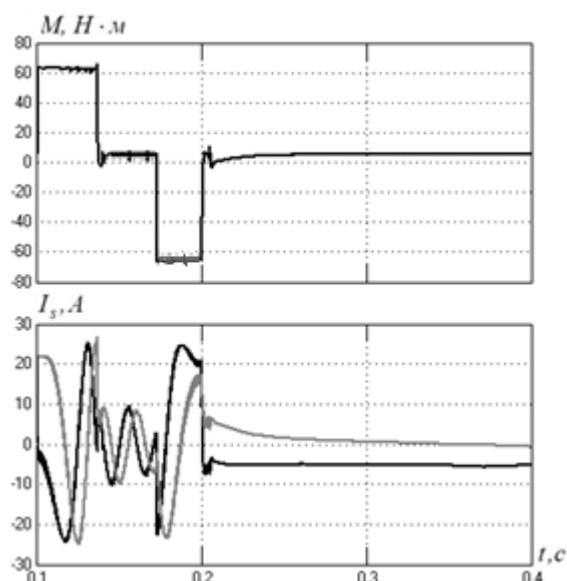


Рис. 11. Переходные процессы ПС при использовании комбинированного алгоритма

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен вариант комбинированной системы управления с целью обеспечения повышенного быстродействия и сокращения пульсаций фазных токов.

Разработанная система может быть внедрена в серийный цифровой ЭП переменного тока, построенный на базе двухзвенного преобразователя частоты с промежуточным звеном постоянного тока и транзисторным автономным инвертором, путем изменения программы, записанной в цифровой сигнальный процессор, без каких-либо изменений в конструкции силовой части ЭП.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панкратов В.В. Автоматическое управление электроприводами. Часть I. Регулирование координат электроприводов постоянного тока: учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. 215 с.
2. Панкратов В.В., Котин Д.А. Адаптивные алгоритмы бездатчикового векторного управления асинхронными электроприводами подъемно-транспортных механизмов: учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. 143 с.
3. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2008. 298 с.